

Corr. US 5,904,787

P. 5

**HIGH TOUGHNESS OIL TEMPERED WIRE FOR SPRING AND ITS PRODUCTION****Publication number:** JP9071843**Publication date:** 1997-03-18**Inventor:** MATSUMOTO TAKESHI; YOSHIOKA TAKESHI; MURAI TERUYUKI**Applicant:** SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES**Classification:**

**- international:** C21D6/00; B21C37/04; C21D9/02; C21D9/52;  
C22C38/00; C22C38/18; C22C38/28; C22C38/34;  
C21D1/18; C21D6/00; B21C37/00; C21D9/02;  
C21D9/52; C22C38/00; C22C38/18; C22C38/28;  
C22C38/34; C21D1/18; (IPC1-7): C22C38/00;  
C21D6/00; C21D9/52; C22C38/28

**- European:** B21C37/04; C21D9/02; C21D9/52B; C22C38/18;  
C22C38/34

**Application number:** JP19950248412 19950901 ✓**Priority number(s):** JP19950248412 19950901**Also published as:**

US5904787 (A1)

CN1152625 (A)

CN1070928C (C)

**Report a data error he****Abstract of JP9071843**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the strength and toughness-ductility of a wire and to prevent its settling in the use as a spring by specifying the compsn. of an Si-Cr steel and regulating the amt. of retained austenite and the amt. of carbides not entering into solid solution in the quenched and tempered structure. **SOLUTION:** This steel has a compsn. contg., by weight, 0.5 to 0.8% C, 1.2 to 2.5% Si, 0.4 to 0.8% Mn, 0.7 to 1.0% Cr,  $\leq 0.0005\%$  Al and  $\leq 0.005\%$  Ti, furthermore contg., at need, 0.05 to 0.15% V and the balance substantially Fe. Furthermore, the volume ratio of the residual  $\delta$  in the structure after quenching and tempering treatment in the steel is regulated to 1 to 5%, and moreover, the density of carbides having  $\geq 0.05\mu\text{m}$  grain size is regulated to  $\leq 5$  pieces/ $\mu\text{m}^2$ . At the time of the quenching and tempering treatment, it is preferably subjected to quenching of executing heating at (500+750. deg.C+500.V) to 1,000 deg.C at  $\leq 150$  deg.C/s heating rate and executing holding within 15 sec holding time and is thereafter subjected to tempering treatment of executing holding under heating a 450 to 600 deg.C within 15 sec at 150 deg.C/s heating rate and executing rapid cooling.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-71843

(43) 公開日 平成9年(1997)3月18日

(51) Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 1		C 2 2 C 38/00	3 0 1 Y
C 2 1 D 6/00			C 2 1 D 6/00	H
9/52	1 0 3		9/52	1 0 3 B
C 2 2 C 38/28			C 2 2 C 38/28	

審査請求 未請求 請求項の数 9 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平7-248412

(22) 出願日 平成7年(1995)9月1日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 松本 断

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 吉岡 剛

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 村井 照幸

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

(74) 代理人 弁理士 青木 秀實 (外1名)

(54) 【発明の名称】 高靱性ばね用オイルテンパー線およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ばね使用中の耐へたり性を劣化させることなく、高強度で高靱性のばね用オイルテンパー線を提供する。

【解決手段】 含有するC、Si、Mn、Cr、Al、Tiの量及びまたはこれに添加するV、Mo、W、Nbの量が特定される鋼であって、かつ焼入れ焼戻し後ににおいて、残留 $\gamma$ が体積率で1～5%及びまたは粒子径が0.05 $\mu$ m以上である炭化物の組織内密度が組織観察写真上で5ヶ/ $\mu$ m<sup>2</sup>以下であることを特徴とする。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、C：0.5～0.8、Si：1.2～2.5、Mn：0.4～0.8、Cr：0.7～1.0、Al：0.005以下、Ti：0.005以下を含有するか、または更にV：0.05～0.15を含有する鋼であって、焼入れ焼戻し後において、残留 $\gamma$ が体積率で1～5%であることを特徴とする高靱性ばね用オイルテンパー線。

【請求項2】 重量%で、Mo：0.05～0.5、W：0.05～0.15、Nb：0.05～0.15の1種以上を添加してなる鋼であることを特徴とする請求項1記載のオイルテンパー線。

【請求項3】 重量%で、C：0.5～0.8、Si：1.2～2.5、Mn：0.4～0.8、Cr：0.7～1.0、Al：0.005以下、Ti：0.005以下を含有するか、または更にV：0.05～0.15を含有する鋼であって、焼入れ焼戻し後において、粒子径が $0.05\mu\text{m}$ 以上である炭化物の組織内密度が、組織観察写真上で $5\gamma/\mu\text{m}^2$ 以下であることを特徴とする高靱性ばね用オイルテンパー線。

【請求項4】 重量%でMo：0.05～0.5、W：0.05～0.15、Nb：0.05～0.15の1種以上を添加してなる鋼であることを特徴とする請求項3記載のオイルテンパー線。

【請求項5】 重量%で、C：0.5～0.8、Si：1.2～2.5、Mn：0.4～0.8、Cr：0.7～1.0、Al：0.005以下、Ti：0.005以下を含有するか、または更にV：0.05～0.15含有する鋼であって、焼入れ焼戻し後において、残留 $\gamma$ が体積率で1～5%で、かつ粒子径が $0.05\mu\text{m}$ 以上である炭化物の組織内密度が、組織観察写真上で $5\gamma/\mu\text{m}^2$ 以下であることを特徴とする高靱性ばね用オイルテンパー線。

【請求項6】 重量%でMo：0.05～0.5、W：0.05～0.15、Nb：0.05～0.15の1種以上を添加してなる鋼であることを特徴とする請求項5記載のオイルテンパー線。

【請求項7】 焼入れ焼戻し工程における焼戻しを加熱速度 $150^\circ\text{C}/\text{sec}$ 以上で $450^\circ\text{C}\sim 600^\circ\text{C}$ に加熱し、加熱開始から水等の冷媒を用いた冷却開始までの時間を15秒以内とすることを特徴とする請求項1または2記載のオイルテンパー線の製造方法。

【請求項8】 焼入れ焼戻し工程における焼入れ加熱を加熱速度 $150^\circ\text{C}/\text{sec}$ 以上で $1100^\circ\text{C}$ 以下で $T(^\circ\text{C}) = 500 + 750 \cdot C + 500 \cdot V$ で決まる温度以上の範囲に加熱し、加熱開始から水または油による冷却開始までの時間を15秒以内とすることを特徴とする請求項3または4記載のオイルテンパー線の製造方法。

【請求項9】 焼入れ焼戻し工程における焼入れ加熱を加熱速度 $150^\circ\text{C}/\text{sec}$ 以上で $1100^\circ\text{C}$ 以下で $T(^\circ\text{C}) = 500 + 750 \cdot C + 500 \cdot V$ で決まる温度以上の範囲に加熱し、加熱開始から水または油による冷却開始までの時間を15秒以内とし、さらに焼入れ焼戻し工程における焼戻し

し加熱速度 $150^\circ\text{C}/\text{sec}$ 以上で $450^\circ\text{C}\sim 600^\circ\text{C}$ に加熱し、加熱開始から水等の冷媒を用いた冷却開始までの時間を15秒以内とすることを特徴とする請求項5または6記載のオイルテンパー線の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はオイルテンパー線、特に自動車エンジン弁ばね等に用いられる高強度ばね用として好適な靱性に優れたオイルテンパー線に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】自動車エンジンの弁ばねは高応力、高回転で用いられており、最も厳しい使用環境にあるばねである。そして近年、自動車エンジンの小型化、低燃費化のためにさらに厳しい条件下で使用されるようになってきている。このため弁ばね用材料としては更なる高強度化が要求されている。弁ばね用材料としては主として弁ばね用クロムバナジウム鋼オイルテンパー線や弁ばね用シリコンクロム鋼オイルテンパー線が用いられており、これらの高強度化が進んでいる。しかし、これらの材料を高強度化すると材料の靱延性が劣化し、ばね成形中に折損を起すという問題がある。

【0003】このような問題に対し、特公平3-6981号においては、添加V量と焼入条件を特定して、結晶粒度を10以上にすることにより、特開平3-162550号においては、オイルテンパー線の焼戻し後のマトリックス組織である焼戻しマルテンサイト中に、残留オーステナイト相を5～20%存在させることにより、靱性を確保することが提案されている。

【0004】然し乍ら、前者においては、結晶粒度10以上では飛躍的な強度と靱性の向上が期待し難く、後者においては、残留オーステナイト相が多量に存在するとばねとしての使用中、残留オーステナイト相がマルテンサイト相に変態して、体積膨張により永久歪を生じ、耐へたり性が劣化するおそれがあり、なお問題を残している。

## 【0005】

【発明が解決しようする課題】以上のことから本発明が解決しようとする課題は、ばね使用中の耐へたり性を劣化させることの無い、高強度でかつ高靱性を有するばね用オイルテンパー線を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者等はばね使用時の耐へたり性を劣化させることなく、高強度ばね用オイルテンパー線の靱性を向上させることに鋭意研究を重ねた結果、残留オーステナイト相が焼戻しマルテンサイト中に体積率で1%以上5%以下の範囲で微細に分散して存在していること、および粒子径が $0.05\mu\text{m}$ 以上の未固溶炭化物の存在密度が組織観察写真上で $5\gamma/\mu\text{m}^2$ 以下であることによって耐へたり性を劣化させることなく

靱性を向上していることを確認できることを見出した。

【0007】本発明は上記のような知見に基づきなされたものでその第1の特徴とするところは、重量%でC：0.5～0.8、Si：1.2～2.5、Mn：0.4～0.8、Cr：0.7～1.0、Al：0.005以下、Ti：0.005以下を含有する鋼であって、かつ焼入焼戻し後において、残留 $\gamma$ が体積率で1%以上5%以下である高靱性ばね用オイルテンパー線である。

【0008】そして、上記含有物にV：0.05～0.15を添加するか、これに更にMo：0.05～0.5、W：0.05～0.5、Nb：0.05～0.15の1種以上を添加することを第2の特徴とする。

【0009】また別の特徴の1つは、上記残留 $\gamma$ の特定に変え、粒子径が $0.05\mu\text{m}$ 以上である炭化物の組織内密度が組織観察写真上で $5\text{ヶ}/\mu\text{m}^2$ 以下に特定したことである。

【0010】更に別の特徴の今1つは、上記残留 $\gamma$ の特定と共に、上記炭化物の組織内密度も特定したことである。

【0011】以上の特徴を具備するオイルテンパー線を製造するため、焼入れ焼戻し条件を特定することもまた、本発明の更に新たな別の特徴である。

【0012】次に上記各特徴によって奏せられる作用を説明する。先ず本発明における鋼組成の限定理由を説明する。

C：0.5～0.8 重量%

Cは鋼線の強度を高めるために必須の元素であるが、0.5%未満では十分な強度が得られず、逆に0.8%を越えると靱性が低下し、さらに鋼線の疵感受性が増大し、信頼性が低下するためである。

Si：1.2～2.5 重量%

Siはフェライトの強度を向上させ、耐へたり性を向上させるのに有効な元素である。1.2%未満ではその十分な効果が無く、逆に2.5%を越える場合は冷間加工性を低下させるとともに熱間加工性や熱処理による脱炭を助長するからである。

Mn：0.4～0.8 重量%

Mnは鋼の焼入れ性を向上させ、鋼中のSを固定してその害を阻止するが、0.4%未満ではその効果が無く、逆に0.8%を越えると靱性が低下するためである。

Cr：0.7～1.0 重量%

CrはMn同様、鋼の焼入れ性を向上させ、かつ熱間圧延後のパテンティング処理により靱性を付与し、焼入れした後、焼戻し時の軟化抵抗性を高め、高強度化するのに有効な元素である。0.7%未満ではその効果が少なく、逆に1.0%を越えると炭化物の固溶を抑制し、強度の低下を招くとともに、焼入れ性の過度の増大となつて靱性の低下をもたらすためである。

【0013】V：0.05～0.15重量%

Vは焼戻し時に炭化物を形成し、軟化抵抗を増大させる

元素であるが、0.05%未満ではその効果が少ない。また、0.15%を越えると焼入れ加熱時に炭化物を多く形成し、靱性の低下をまねくからである。

Mo：0.05～0.5 重量%

Moは焼戻し時に炭化物を形成し、軟化抵抗を増大させる元素であるが、0.05%未満ではその効果は少なく、また0.5%を越えると伸線加工性を低下させるからである。

W：0.05～0.15重量%

Wは焼戻し時に炭化物を形成し、軟化抵抗を増大させる元素であるが、0.05%未満ではその効果が少ない。また、0.15%を越えると焼入れ加熱時に炭化物を多く形成し、靱性の低下をまねくからである。

Nb：0.05～0.15重量%

Nbは焼戻し時に炭化物を形成し、軟化抵抗を増大させる元素であるが、0.05%未満ではその効果が少ない。また、0.15%を越えると焼入れ加熱時に炭化物を多く形成し、靱性の低下をまねくからである。

【0014】Al、Ti：0.005重量%以下

これらはいずれも高融点非金属介在物である $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}$ を生成する。これらの介在物は硬質で、鋼線表面直下に存在した場合、疲労強度を著しく低下させる。このため、不可避的不純物とはいえ、いずれも0.05%以下とした。原料において、これら不純物濃度が低いものを用いればよい。

【0015】残留 $\gamma$ 量を1～5%（体積率）に特定した理由

焼戻しマルテンサイト中に存在する残留 $\gamma$ 相は靱性を向上するが、体積率1%未満ではその効果がなく、5%を越えるとばね使用中のマルテンサイト変態により耐へたり性が大きくなるからである。

【0016】未固溶炭化物（粒子径 $0.05\mu\text{m}$ 以上）量を組織観察写真上で $5\text{ヶ}/\text{m}^2$ 以下に特定した理由

粒子径 $0.05\mu\text{m}$ 以上の未固溶炭化物は組織内に存在するとばね成形時等において破壊の起点となり得る。この存在密度が組織観察写真上で $5\text{ヶ}/\text{m}^2$ を越えると靱性が著しく低下するからである。

【0017】上記残留 $\gamma$ 量及び又は、炭化物量は次の熱処理によって得られる。焼入れ焼戻し工程における焼入れ加熱に関しては、冷却開始までの時間を15秒以内としなければ結晶粒が粗大化し、靱性が劣化し、加熱速度が $150^\circ\text{C}/\text{sec}$ 以下であれば冷却開始までの15秒間で十分な炭化物の固溶ができない。また、加熱温度が $1100^\circ\text{C}$ 以上であれば結晶粒粗大化による靱性劣化や脱炭が起こり、 $T(^\circ\text{C}) = 500 + 750 \cdot C + 500 \cdot V$ 以下であれば、十分な炭化物の固溶ができないためである。焼入れ焼戻し工程における焼戻しに関しては、加熱速度を $150^\circ\text{C}/\text{sec}$ 、冷却開始までの時間を15秒以内としなければ残留オーステナイト相が体積率1%未満に消失してしまうためである。

【0018】

【実施例】表1に示す化学成分の各試料を溶解、圧延、熱処理、伸線によって線径4.0mmの線とし、所定の条件の焼入れ焼戻しを行った後にX線による残留 $\gamma$ 相量測

定、組織観察による炭化物量測定および引張試験を行い、絞り値によって靱性評価を行った。

【0019】

【表1】

化学成分 (wt%)

試料	C	Si	Mn	Cr	Al	Ti	V	Mo	W	Nb
A	0.56	1.38	0.68	0.77	0.002	0.002	—	—	—	—
B	0.64	1.98	0.67	0.68	0.002	0.002	0.13	—	—	—
C	0.64	1.41	0.67	0.73	0.002	0.002	0.12	0.20	—	—
D	0.65	1.38	0.68	0.72	0.002	0.002	0.12	—	0.10	—
E	0.65	1.40	0.68	0.73	0.002	0.002	0.12	—	—	0.09
F	0.74	1.41	0.69	0.74	0.002	0.002	0.12	0.20	0.09	—
G	0.64	1.41	0.68	0.73	0.002	0.002	0.11	0.21	—	0.09
H	0.65	1.99	0.69	0.73	0.002	0.002	0.12	—	0.10	0.10
I	0.63	1.40	0.68	0.72	0.002	0.002	0.11	0.20	0.10	0.09

【0020】(実施例1)上記A～Iを表2に示す焼入れ焼戻し条件で焼入れ焼戻しを行った後に残留 $\gamma$ 量測定および引張試験を行った。このうちA、B、C、Iの結

果を表3に示す。

【0021】

【表2】

焼入れ焼戻し条件

	条件	焼入れ加熱条件			焼戻し条件		
		加熱速度 ( $^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ )	加熱温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	加熱開始から 冷却開始までの 時間(sec)	加熱速度 ( $^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ )	加熱温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	加熱開始から 冷却開始までの 時間(sec)
	I	250	1050	8	250	500	4
	II	250	1050	8	250	460	8
	III	250	1050	8	50	600	20
	IV	250	1050	8	50	520	40
	V	250	1050	8	50	470	60
	VI	250	1050	20	250	400	20

I、II：実施例

III、IV、V、VI：比較例

【0022】

【表3】

残留 $\gamma$ 量測定結果および絞り値

	実施例				比較例							
	I		II		III		IV		V		VI	
A	3	51	2	49	0	42	0	42	0	41	0	43
B	5	44	3	44	<1	37	0	34	<1	36	0	34
C	5	43	2	44	<1	37	0	36	0	37	<1	35
I	4	41	2	40	0	34	0	32	0	32	0	33

残留 $\gamma$ 量(vol%)      絞り値(%)

【0023】以上のように本発明実施例に従って製造した場合、残留 $\gamma$ 量が1～5vol%となり、靱性に優れて

いることが判る。

【0024】(実施例2)上記A～Iを表4に示す焼入

れ焼戻し条件で焼入れ焼戻しを行った後に炭化物(0.05  $\mu\text{m}$ 以上)量測定および引張試験を行った。このうち  
A、B、D、Hの結果を表5に示す。

【0025】  
【表4】

焼入れ焼戻し条件

	条件	焼入れ加熱条件			焼戻し条件		
		加熱速度 ( $^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ )	加熱温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	加熱開始から 冷却開始まで の時間(sec)	加熱速度 ( $^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ )	加熱温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	加熱開始から 冷却開始まで の時間(sec)
	I	250	1050	8	250	500	4
	II	250	850	8	250	500	4
	III	50	1050	80	250	500	4
	IV	250	1050	20	250	500	4
	V	250	1150	8	250	500	4
	VI	250	1050	20	250	400	20

I、: 実施例

II、III、IV、V、VI: 比較例

【0026】

【表5】

残留 $\gamma$ 量測定結果および絞り値

	実施例		比較例									
	I		II		III		IV		V		VI	
A	<1	51	6	43	7	40	6	40	6	41	6	42
B	<1	44	7	37	7	35	7	37	6	36	8	35
D	<1	43	7	36	8	34	6	37	7	37	7	36
H	3	44	9	35	8	35	6	33	7	37	8	34

炭化物量( $\gamma/\mu\text{m}^2$ )	絞り値(%)
--------------------------------	--------

【0027】表5によって明かなように、実施例によるものは、炭化物量が $5\gamma/\mu\text{m}^2$ 以下となり、靱性に優れていることが判る。

【0028】

【発明の効果】以上各項において説明したように、本発明によればばね使用中の耐へたり性を劣化することなく、高強度でかつ高靱性を有するばね用オイルテンパー線を提供することができる。